

RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN SAVONIUS MENGGUNAKAN VARIASI SILINDER PENGGANGGU

- 1,2,4) Tenaga Pengajar Prodi
Teknologi Otomotif, Politeknik
Negeri Tanah Laut, Panggung,
Kalsel 70815.
- 3) Tenaga Pengajar Prodi
Teknologi Rekayasa
Pemeliharaan Alat Berat,
Politeknik Negeri Tanah Laut,
Panggung, Kalsel 70815.
- 5) Staf Laboran Jurusan Rekayasa
dan Industri, Politeknik Negeri
Tanah Laut 70815

Corresponding email ¹⁾ :
rusumintosyahyuniar@politala.ac.id

Received: 21.05.2024
Accepted: 15.05.2024
Published: 28.06.2024

©2024 Politala Press.
All Rights Reserved.

**Rusuminto Syahyuniar ¹⁾, M. Rezki Fitri Putra ²⁾, Imron
Musthofa ³⁾, Kurnia Dwi Artika ⁴⁾, Roma Iranto ⁵⁾**

Abstrak. Turbin angin Savonius merupakan alternatif sumber energi terbarukan yang efektif hanya dengan kecepatan angin rendah dapat menghasilkan listrik, dan mudah dalam perawatannya. Tujuannya adalah merancang dan membuat turbin angin Savonius yang efisien. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dan simulasi pengujian. Menggunakan material aluminium 6061, 2 blade, tinggi 500 mm, dan diameter 722 mm. Hasil pengujian tanpa hambatan menghasilkan posisi ideal pada jarak 0,5 meter menggunakan kecepatan angin 4,5 m/s mendapatkan 91 putaran permenit dan 93,7 rpm. Pengujian pengaruh variasi silinder pengganggu dengan jarak ideal adalah 20 cm, diameter 85 mm menghasilkan 73 putaran permenit, 91,2 rpm dan pengujian dengan beban generator menghasilkan kecepatan angin ideal 4,5 m/s dengan jarak 0,5 meter menghasilkan 64 putaran permenit, 86,5 rpm dan 9,1 volt. Simulasi blade displace memiliki nilai maksimal 0,07548 mm dan blade mises stress memiliki nilai maksimal 3,561 MPa.

Kata Kunci: Desain turbin, Turbin Angin Savonius, Simulasi turbin

Abstract. Savonius wind turbine is an alternative renewable energy source that is effective only with low wind speeds, can generate electricity, and is easy to maintain. The goal is to design and make an efficient Savonius wind turbine. The experimental method and test simulation are used. They use 6061 aluminum material, two blades, 500 mm high, and 722 mm diameter. The test results without obstacles produce an ideal position at a distance of 0.5 meters using a wind speed of 4.5 m / s, getting 91 rotations per minute and 93.7 rpm. Testing the effect of variations in the disturbing cylinder with an ideal distance of 20 cm and a diameter of 85 mm produces 73 rotations per minute, 91.2 rpm, and testing with a generator load produces a perfect wind speed of 4.5 m / s with a distance of 0.5 meters producing 64 rotations per minute, 86.5 rpm and 9.1 volts. Blade displacement simulation has a maximum value of 0.07548 mm, and blade mises stress has a maximum value of 3.561 MPa.

Keywords: Wind Turbin design, Savonius wind turbine, turbine simulation

To cite this article: <https://doi.org/10.34128/je.v11i1.280>

1. Pendahuluan

Turbin angin Savonius adalah turbin dengan posisi vertikal yang berbentuk setengah lingkaran dan dapat berfungsi dengan baik dalam keadaan angin lambat. Turbin ini dapat menghasilkan energi listrik dengan menggunakan rangkaian sederhana [1][2].

Rancangan turbin ini akan mempertimbangkan beberapa faktor seperti ukuran *blade*, kecepatan angin, dan silinder pengganggu sebagai pemecah angin agar turbin angin dapat berputar lebih kencang dan mengurangi gaya *drag* [3][4].

Penggunaan pembangkit listrik tenaga angin semakin diminati dalam perkembangannya untuk pemenuhan energi yang tinggi. Turbin angin Savonius menjadi bagian dari energi alternatif yang mudah dirancang dan diaplikasikan dengan biaya yang relatif lebih murah, ramah lingkungan serta sederhana dalam pembuatannya [3][5][6] [7][8].

Rancang bangun turbin angin Savonius lebih efektif dan efisien dalam menghasilkan daya listrik. Perlunya penelitian ini untuk pengembangan ilmu dan berkontribusi terhadap solusi penggunaan teknologi atau energi baru terbarukan di Kabupaten Tanah Laut, dimana lokasinya dekat dengan garis pantai dan perbukitan yang memiliki sumber daya angin cukup.

2. Tinjauan Pustaka

Turbin angin savonius memiliki desain turbin posisi vertikal dalam suplai listrik. Turbin angin Savonius di desain berbentuk setengah lingkaran, dengan dua bilah atau lebih bilah yang dipasang secara vertikal pada sumbu rotor. Turbin ini dirancang untuk memanfaatkan angin dari berbagai arah dan cocok untuk digunakan pada lokasi yang memiliki angin rendah [2].

Pada kajian numerik di sekitar sudut sapuan balik 0°, 15°, dan 30° pada sayap airfoil Eppler 562. Airfoil adalah struktur aerodinamis pada pesawat, UAV, dan mesin berfluida seperti kompresor, turbin, dan pompa. Menggunakan simulasi numerik software tiga dimensi, dengan spesimen yang digunakan adalah airfoil Eppler 562 dengan panjang chord 200 mm, aspek rasio (AR) 5, sudut serang 0° sampai dengan 20°. Variasi sweep-back yang digunakan adalah sudut $\Lambda = 0$ (unswept), 15, 30. Aliran fluidanya dengan gaya Reynolds [9]. Sama halnya dengan perbandingan penggunaan modifikasi airfoil desain menghasilkan daya 500 watt, dengan variasi parameter sudut yang sama dan kecepatan angin 8 m/s [10].

Pada penelitian berjudul Studi Eksperimen Pada Solar Air Heater Yang Memiliki Pelat Penyerap V-Corrugated Dengan Rintangan Ditekuk Secara Vertikal. Solar air heater (SAH) adalah alat pemanas sederhana dengan menggunakan radiasi matahari yang berguna untuk pengeringan atau penghangat ruangan. Sayangnya, perpindahan panas dari pelat penyerap ke udara di dalam solar air heater rendah. Beberapa peneliti melaporkan bahwa penghalang mampu meningkatkan perpindahan panas di kolektor udara surya pelat datar dan yang lain menemukan bahwa pelat penyerap bergelombang-v memberikan perpindahan panas yang lebih baik daripada pelat datar. Namun, tidak ada pekerjaan untuk menggabungkan kedua temuan ini. Makalah ini menjelaskan hasil studi eksperimental pada SAH dengan pelat penyerap v-corrugated dan rintangan yang dibengkokkan secara vertikal mulai dari 80° ke 0° dengan interval 10° pada pelat dasarnya. Eksperimen dilakukan di dalam ruangan pada lima bilangan Reynolds yang berbeda (1447 Re 7237) dan tiga intensitas radiasi yang berbeda (430, 573, dan 716 W/m²). Ditemukan bahwa hambatan meningkatkan kinerja SAH. Baik kenaikan suhu udara maupun peningkatan efisiensi dengan memasukkan penghalang yang ditekuk pada sudut mana pun secara vertikal. Sayangnya, penurunan tekanan udara juga meningkat. Hambatan yang ditekuk secara vertikal pada sudut yang lebih kecil (berarti lebih lurus) memberikan kenaikan suhu udara dan efisiensi yang lebih tinggi. Namun, sudut optimum ditemukan 30°. Kenaikan suhu udara dan efisiensi akan menjadi 5,3% lebih rendah ketika penghalang membengkok 30° bukan 0°, tetapi penurunan tekanan akan menjadi 17,2% lebih rendah [11].

Pada eksperimen kinerja turbin angin savonius menggunakan silinder pengganggu didepan returning blade turbin pada $s/d = 1,2$, $(y/D) = 0,5$, $(d) = 83$ mm. Variasi kecepatan angin 3,8 - 9 m/s pada jarak $(S/D) = 1,2$. Hasil yang paling efektif dalam meningkatkan CoP dan Cm dengan kecepatan 5 m/s, dengan peningkatan sebesar 74,28% dan 73,24%. Namun pada silinder pengganggu $d/D = 0,5$, $y/D = 0,5$, $S/D = 1,2$ tanpa menimbulkan self starting pada semua variasi kecepatan dan posisi angular sudu turbin [5].

Generator DC merupakan suatu sistem listrik dinamis yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Lilitan medan magnet terhubung dengan sumber DC sehingga timbul eksitasi bebas tidak tergantung pada mesin itulah Generator DC tipe eksitasi bebas dan terpisah [12][13]. Baterai adalah merupakan sel-sel listrik untuk menyimpan energi kimia dan dirubah menjadi energi listrik [14]. Power inverter adalah suatu alat yang dapat merubah arus AC menjadi DC [7]. [15][16] Daya angin merupakan tenaga yang dihasilkan turbin karena gaya dorong angin, rumus daya angin adalah:

$$P_{in} = 1/2 \rho \cdot A \cdot v^3 \tag{1}$$

Keterangan :

P_{in} = Daya Angin (Watt) ; ρ = Massa jenis udara ($= 1,2$ Kg/m³); A = Luas sapuan angin (m²)

v = Kecepatan angin (m/s).

Dimana luas sapuan rotor didapat dari rumus luas setengah lingkaran dengan persamaan :

$$A = 1/2 \cdot \pi \cdot d \cdot L \tag{2}$$

Keterangan :

d = Diameter turbin (m); L = Tinggi turbin (m);

Daya generator $P = V \cdot I$

P = Daya; V = Voltase; I = Ampere

Tip Speed Ratio adalah perbandingan antara kecepatan ujung sudu rotor dengan kecepatan anginnya, TSR dapat dirumuskan:

$$tsr = \frac{\pi.n.r}{30.v} \quad (3)$$

Keterangan :

n : Kecepatan poros rotor (rpm); r : Jari – jari rotor (m); v : Kecepatan angin (m/s)

Efisiensi merupakan perbandingan antara daya generator dengan daya angin atau menyatakan kinerja dari suatu alat, perhitungan dapat ditulis dengan persamaan berikut:

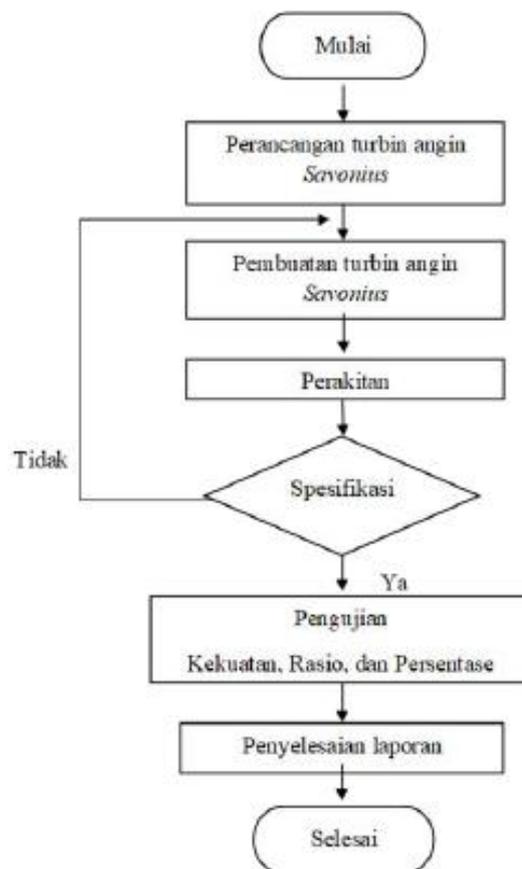
$$\eta = \frac{P_g}{P_{in}} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

η = Efisiensi (%); P_g = Daya generator (Watt); P_{in} = Daya Angin (Watt)

3. Metodologi

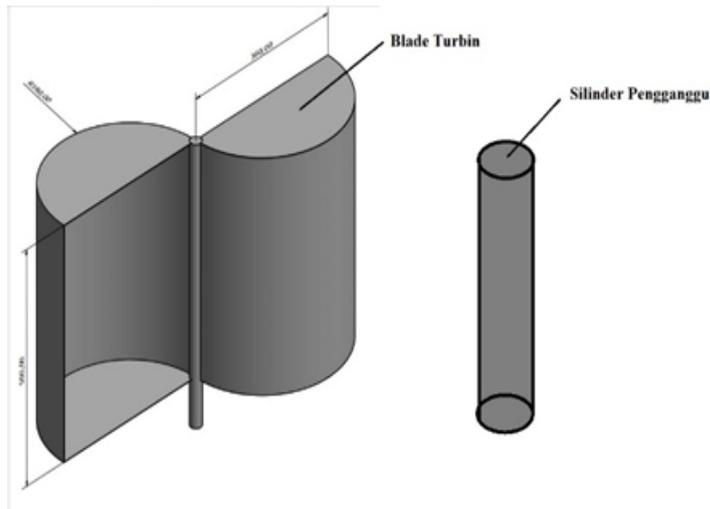
Penelitian dilakukan di Workshop Otomotif Politala. Dengan melakukan pembuatan desain menggunakan aplikasi Inventor dan prototype turbin angin Savonius dibuat menggunakan bahan alumunium 6061 dengan jumlah 2 *blade*, dimensi ukuran diameter 722 mm, tinggi 500 mm, menggunakan kipas angin besar sebagai sumber angin dalam pengujian. Metode eksperimental dengan berbagai variabel bebas diameter dan jumlah *blade*, kemudian variabel terikatnya adalah arus teggangan dan keepatan dengan 4 variasi silinder pengganggu sebagai media pemecah angin atau membelokkan angin agar tidak terjadi gaya *drag* berlebih [17].



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

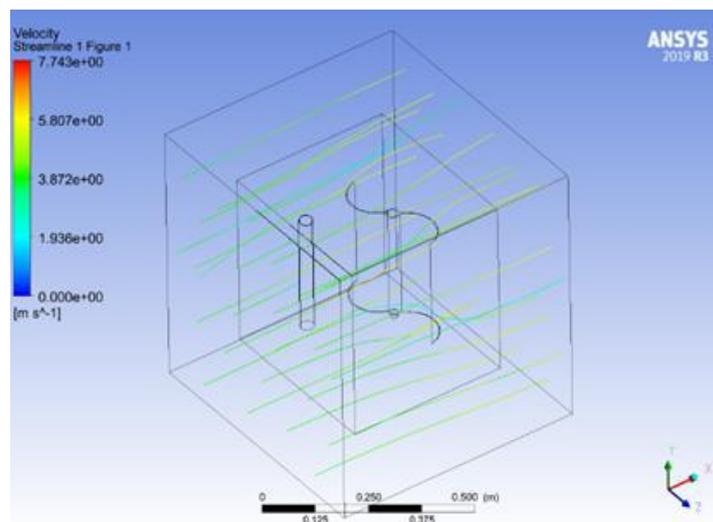
Metode Pengambilan Data

Data yang di ambil adalah data kecepatan angin, jumlah putaran permenit, dan rpm *pulley*, serta pengaruh variasi ukuran dan jarak silinder pengganggu.



Gambar 2. Turbin dan Silinder Pengganggu

Posisi silinder pengganggu berada di depan turbin pada posisi cembung, karena fungsi silinder pengganggu sebagai aerodinamis untuk membelokkan angin agar angin lebih banyak masuk pada daerah cekung, sehingga mengurangi gaya drag atau daya hambat[18]. Pengujian dilakukan menggunakan 4 variasi ukuran silinder pengganggu yaitu 25 mm, 60 mm, 75 mm, dan 85 mm dengan variasi jarak 10 cm sampai dengan 50 cm.



Gambar 3. Simulasi angin menggunakan silinder pengganggu

Tabel 1. Parameter simulasi fluid

Material	Alumunium 6061
Kepadatan	1,225 kg/cm ³
Massa	2,83111 kg
Volume	1048560 mm ³
Ketebalan	6 mm
Kecepatan Angin	4 m/s
Tekanan	101325 Pa

Dengan parameter simulasi tersebut, maka angin yang mengenai *blade* dengan *streamline* 3,8 m/s sampai dengan 5,8 m/s, menggunakan hambatan berupa silinder pengganggu dan terlihat angin berbelok karena silinder pengganggu sebagai pemecah angin mengurangi aliran aerodinamis sehingga *blade* berputar semakin cepat.

4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian turbin angin savonius menggunakan variasi silinder pengganggu, dan tanpa menggunakannya. Pada setiap pengujian dilakukan dengan 3 kali percobaan lalu di ambil nilai rata – ratanya.

Pengujian Tanpa Silinder Pengganggu



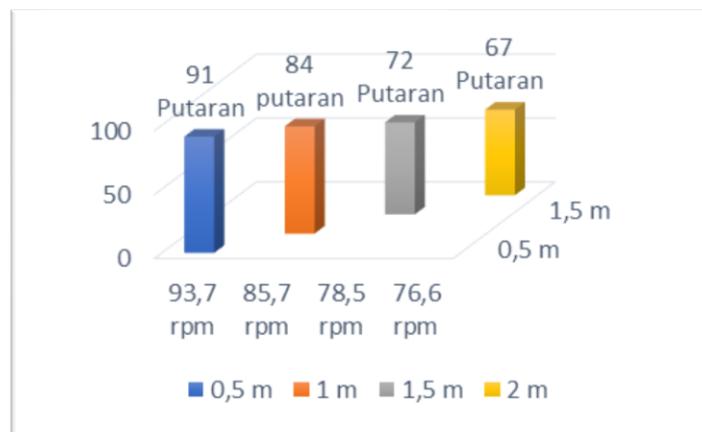
Gambar 4. Pengujian tanpa hambatan

Pengujian ini tanpa silinder pengganggu dengan variasi jarak penempatan kipas angin yang berbeda maka didapat hasil seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian tanpa silinder pengganggu.

Jarak	Angin Masuk	Angin keluar	Putaran Pulley Permenit	Rpm Pulley
0,5 m	4, 5 m/s	2,8 m/s	91	93,7 Rpm
1 m	4,2 m/s	2,5 m/s	84	85,7 Rpm
1,5 m	4,1 m/s	2,3 m/s	72	78,5 Rpm
2 m	4,0 m/s	2,0 m/s	67	76,6 Rpm

Untuk pengujian tanpa hambatan, menunjukan posisi ideal adalah jarak 0,5 meter, dan kecepatan angin 4,5 m/s, mendapatkan 91 putaran permenit dan 93,7 rpm. Kemudian untuk hasil perhitungan daya angin sebesar 1,53 Watt. Sama halnya dengan penelitian lainnya dengan kecepatan 5 dan 7 m/s dapat meningkatkan tenaga sebesar 5% dengan satu dan dua silinder pengganggu [6], dan juga dapat meningkatkan torsi dan momen maksimum, jika dibandingkan dengan tanpa pengganggu [19].



Gambar 5. Grafik pengujian tanpa hambatan

Pengujian dengan variasi silinder pengganggu



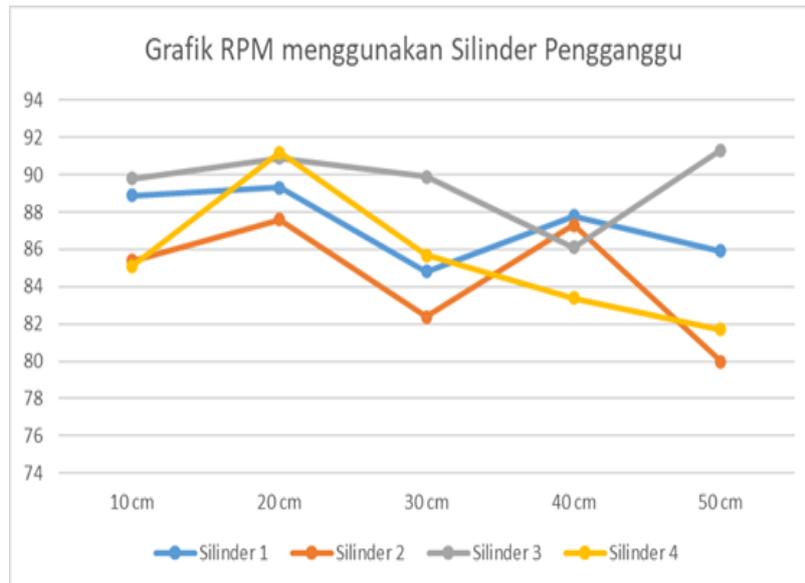
Gambar 6. Pengujian dengan silinder pengganggu

Pengujian ini menggunakan kipas angin dengan 4 variasi silinder pengganggu dengan jarak 1 meter dengan kecepatan angin konstan 4 m/s sebagai berikut.

Tabel 3. Pengujian dengan silinder pengganggu

Ukuran Silinder Pengganggu	Jarak	Putaran Pulley Permenit	Rpm Pulley
Silinder Pengganggu 1 25 mm	10 cm	66	88,9 rpm
	20 cm	68	89,3 rpm
	30 cm	68	84,8 rpm
	40 cm	67	87,8 rpm
	50 cm	65	85,9 rpm
Silinder Pengganggu 2 60 mm	10 cm	71	85,4 rpm
	20 cm	74	87,6 rpm
	30 cm	70	82,4 rpm
	40 cm	73	87,3 rpm
	50 cm	72	80,0 rpm
Silinder Pengganggu 3 75 mm	10 cm	70	89,8 rpm
	20 cm	72	90,9 rpm
	30 cm	71	89,9 rpm
	40 cm	72	86,1 rpm
	50 cm	70	91,3 rpm
Silinder Pengganggu 4 85 mm	10 cm	71	85,1 rpm
	20 cm	73	91,2 rpm
	30 cm	73	85,7 rpm
	40 cm	72	83,4 rpm
	50 cm	72	81,7 rpm

Dari hasil pengujian pengaruh variasi silinder pengganggu diatas menunjukkan bahwa jarak ideal posisi silinder pengganggu untuk memecah angin adalah 20 cm, dan silinder yang sangat berpengaruh adalah silinder 4 dengan ukuran diameter 85 mm menghasilkan 73 putaran permenit dan 91,2 rpm. Dengan rumus perhitungan diperoleh kecepatan sudutnya adalah 15,5 rad/sekon.



Gambar 7. Grafik RPM dengan silinder pengganggu

Pengujian dengan beban generator



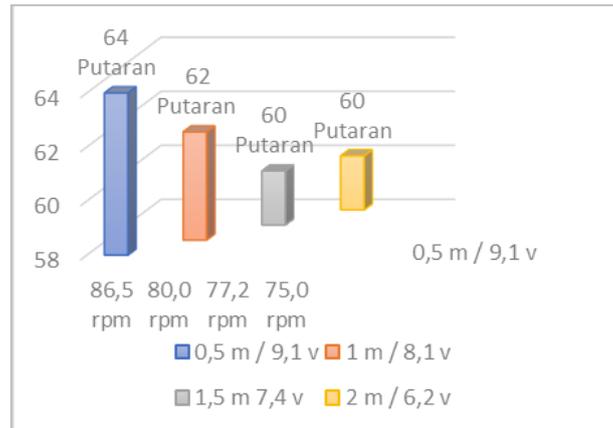
Gambar 8. Pengujian dengan beban generator

Dari pengujian dengan beban generator menunjukkan bahwa pada saat generator berputar maka akan terjadi medan magnet yang akan menghasilkan listrik, maka didapat hasil voltase pengujian dalam Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Pengujian dengan beban generator

Jarak (m)	Jumlah Putaran (Permenit)	Putaran (rpm)	Tegangan (Volt)	Efisiensi
0,5	64	86,5	9,1	24 %
1	62	80,0	8,1	21 %
1,5	60	77,2	7,4	19 %
2	60	75,0	6,2	16 %

Dari hasil pengujian dengan beban generator menunjukkan kecepatan angin ideal dengan kecepatan angin 4,5 m/s dengan jarak 0,5 meter mendapatkan 64 putaran permenit, 86,5 rpm, arus yang melewati rangkaian charger adalah 0,41 ampere dan 9,1 volt. Memiliki efisiensi tertinggi sebesar 24% seperti grafik pada Gambar 9. Terkait performa yang juga meningkat, seiring dengan jarak silinder pengganggu jumlah silinder pengganggu [19].



Gambar 9. Grafik pengujian dengan beban generator

Beri keterangan maksud dari grafik 9 jelaskan

5. Kesimpulan

Hasil pengujian turbin angin Savonius dengan desain 2 *Blade* dengan tinggi 500 mm, dan berdiameter 722 mm, mampu memutar generator untuk menghasilkan listrik dan menyimpan daya pada baterai, dan menggunakan *power inverter* sehingga dapat menghasilkan listrik sebesar 220 volt. Hasil uji kecepatan angin ideal dengan kecepatan angin 4 m/s, dengan jarak 1 meter menghasilkan 64 putaran permenit, dan putaran 86,5 rpm tanpa silinder pengganggu, sedangkan pengujian dengan penggunaan silinder pengganggu menghasilkan jarak ideal posisi silinder pengganggu untuk memecah angin adalah 20 cm, dan silinder yang sangat berpengaruh adalah silinder dengan ukuran diameter 85 mm menghasilkan 73 putaran permenit, 91,2 rpm.

6. Saran

Adapun yang perlu dikaji mengenai turbin angin Savonius sebagai berikut:

1. Menggunakan variasi *blade* seperti 3 *blade* atau lebih.
2. Menggunakan windtunnel sebagai jalur angin agar turbin angin mendapatkan angin maksimal dari 1 arah secara konstan.
3. Panel surya yang digunakan untuk menghibryd turbin angin Savonius
4. Menggunakan generator dengan voltase yang lebih tinggi agar pengisian semakin besar.

Daftar Pustaka

- [1] N. Sinaga, "Analisis Aliran Pada Rotor Turbin Angin Sumbu Horisontal Menggunakan Pendekatan Komputasional," *Eksergi*, vol. 13, no. 3, Dec. 2017, doi: 10.32497/EKSERGI.V13I3.1027.
- [2] M. F. Sunandi, "Studi Numerik Turbin Angin Savonius Dengan Variasi Jumlah Sudu Dan Kecepatan Angin," 2016.
- [3] R. M. Amsor and R. Iskandar, "Performansi Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius 2 Tingkat Untuk Pengisian Baterai Sebagai Penerangan Lampu Perahu Nelayan Kota Padang," *Met. J. Sist. Mek. dan Termal*, vol. 1, no. 1, p. 9, Aug. 2017, doi: 10.25077/metal.1.1.9-19.2017.
- [4] V. Valentino *et al.*, "Rancang Bangun Turbin Angin Savonius untuk Penerangan Penginapan di Desa Temajuk Kecamatan Paloh Kabupaten Sambas," *J. Electr. Eng. Energy, Inf. Technol.*, vol. 9, no. 2, Aug. 2021, doi: 10.26418/J3EIT.V9I2.48903.
- [5] B. R. (Bagas) Ananto and T. Y. (Tri) Yuwono, "Studi Eksperimen Peningkatan Kinerja Turbin Angin Savonius dengan Penempatan Silinder Pengganggu di Depan Returning Blade Turbin pada S/D =1,2," *J. Tek. ITS*, vol. 9, no. 2, p. 504325, Jan. 2020, doi: 10.12962/J23373539.V9I2.54358.
- [6] M. D. N. Fadila, "Studi Eksperimen Peningkatan Kinerja Turbin Angin Savonius dengan Penempatan Silinder Pengganggu di Depan Returning Blade dan di Samping Advancing Blade," 2023.
- [7] D. N. Nugroho, "Analisis pengisian baterai pada rancang bangun turbin angin poros vertikal tipe savonius untuk pencatutan beban listrik," *J. Univ. Indones.*, 2011, [Online]. Available: [http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20282589-S735-Analisis pengisian.pdf](http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20282589-S735-Analisis%20pengisian.pdf).
- [8] M. Latif, R. Nazir, and H. Reza, "Analisa Proses Charging Akumulator Pada Prototipe Turbin Angin Sumbu Horizontal Di Pantai Purus Padang," *J. Nas. Tek. ELEKTRO*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, Mar. 2013, doi: 10.25077/JNTE.V2N1.91.2013.
- [9] S. P. S. Hariyadi, Sutardi, and W. A. Widodo, "Numerical study of three-dimensional flow

- characteristics around swept-back angle 0° , 15° , and 30° on wing airfoil Eppler 562,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2366, p. 030014, Sep. 2021, doi: 10.1063/5.0060192.
- [10] K. Irfandi, “EVALUASI BILAH TURBIN ANGIN 500 WATT DENGAN MELAKUKAN PENGUJIAN PADA WIND TUNNEL UNIVERSITAS NURTANIO BANDUNG,” *J. Ind. Elektro dan Penerbangan*, vol. 3, no. 3, 2013, Accessed: Aug. 16, 2022. [Online]. Available: <https://jurnal.unnur.ac.id/index.php/indept/article/view/125>.
- [11] E. A. Handoyo, D. Ichsani, Prabowo, and Sutardi, “Experimental studies on a solar air heater having v-corrugated absorber plate with obstacles bent vertically,” *Appl. Mech. Mater.*, vol. 493, pp. 86–92, 2014, doi: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMM.493.86.
- [12] “Cara Kerja Generator, Fungsi dan Jenis-jenisnya.” <https://www.hondapowerproducts.co.id/id/berita-informasi/artikel/cara-kerja-generator> (accessed Jun. 12, 2024).
- [13] M. R. Robiansyah, “Perancangan Kontroler Untuk Turbin Angin Skala Kecil,” *Semin. Nas. Teknoka*, vol. 2, 2017, [Online]. Available: <https://journal.uhamka.ac.id/index.php/teknoka/article/view/768>.
- [14] Lister, *Mesin dan Rangkaian Listrik*, 6th ed. Jakarta: Erlangga, 1993.
- [15] J. . Peube, *Fundamentals of Fluid Mechanics and Transport Phenomena*. British: John Wiley & Sons, Ltd, 2008.
- [16] J. Katz, “Introductory Fluid Mechanics,” *Introd. Fluid Mech.*, Aug. 2010, doi: 10.1017/CBO9780511761348.
- [17] Lennon A., *RC Model Aircraft Design*. USA: Air Age media inc., 2005.
- [18] R. Sumiati, K. Amri, and H. Hanif, “RANCANG BANGUN MICRO TURBIN ANGIN PEMBANGKIT LISTRIK UNTUK RUMAH TINGGAL DI DAERAH KECEPATAN ANGIN RENDAH,” *Pros. Semnastek*, vol. 1, no. 1, Nov. 2014, Accessed: Aug. 16, 2022. [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/315>.
- [19] A. Shuhufam, A. Shuhufam, and T. Y. Yuwono, “Studi Eksperimen Peningkatan Kinerja Turbin Angin Savonius dengan Penempatan Silinder Sirkular di Depan Returning Blade Turbin pada Jarak $S/D = 2,6$,” *J. Tek. ITS*, vol. 9, no. 2, pp. B22–B27, Jan. 2021, doi: 10.12962/j23373539.v9i2.53929.